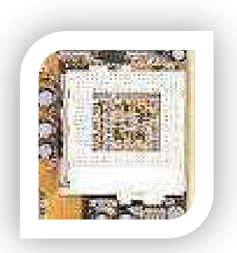
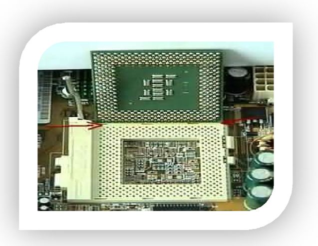




صناعة المعالجات

هذا الكتاب من إعداد وتجميع ماجد ضاهر

طالب في المدرسة المهنية فرع القنيطرة

(سوريا)

مهنة

صيانة الحاسب والتجهيزات الحاسوبية

هاتف:٠٠٩٦٣/٠١٤٢٢٤٣٨٠

Email:majed-1989@maktoob.com

بسم الله نبدأ

لا تحتكر شركة IBM صناعة المعالجات كما قد تتصور ، بل إن أشهر وأحدث المعالجات هما من شركتي إنتل و AMD بينما تفرغت شركة IBM لعمل معالجات لمنصات أخرى غير الحاسب الشخصي .

تتم صناعة المعالجات من عدة مصنعين أشهرهم شركتي إنتل و AMD ، وقد كانت معالجات شركة إنتل لفترة طويلة جداً هي الشركة الرئيسية المصنعة للمعالجات بينما كانت باقي الشركات تكتفي بتقليدها إلى أن بدأت شركة AMD المنافسة الجدية بطرح معالجها المسمى "أثلون" حيث أصبحت تعتبر الآن لاعب أساسي في السوق .

تمر صناعة المعالج بالكثير من الخطوات الطويلة والمكلفة ، إن صناعة معالج حديث قد تستغرق ٩٠ يوماً من العمل (طبعاً تتم صناعة المعالجات بالجملة) باستخدام تقنيات عالية جداً . ويتكون الترانزستور من مادة شبه موصلة غالباً ما تكون السيليكون .

إن أول خطوة لصناعة المعالج هي جلب السيليكون (موجود بكثرة في الرمال الصحراوية البيضاء) ومعالجته بشكل خاص ودقة تامة ليصبح في النهاية على شكل كريستال حجم الواحدة منها يقارب العشرين سنتيمتراً ، وتقطع بواسطة أدوات خاصة إلى شرائح كل شريحة منها سمكها أقل من ١ مليمتر - تخيل - وقطرها ٢٠ سم (عملية دقيقة جداً) وتستعمل كل واحدة من هذه الرقاقات بعد المعالجة في صنع ما يقرب من ١٤٠ معالج يعطب منها حوالي ٢٠ . وتكفي الكريستالة الواحدة لصنع الآلاف من المعالجات وكلما كانت شريحة السليكون أقل سمكاً كلما تمكنا من إنتاج معالجات أكثر بنفس كتلة الكريستال وهذا يخفض التكلفة .

تأتي بعد ذلك مرحلة تصميم المعالج (على الورق) وهذه عملية تأخذ الكثير من الوقت وقد تستهلك جهد عمل المئات بل الآلاف من المهندسين لشهور أو سنين .ثم بعد ذلك تبدأ عملية التصنيع باستخدام أدوات دقيقة جداً وأجهزة حاسب آلي ضخمة جداً ومكلفة جداً ويتم تصنيع الترانزستورات باستخدام الضوء ومواد حساسة للضوء على شكل طبقات تختلف باختلاف المعالج وحسب تعقيده لتنتج لنا من كل رقاقة كما قلت المئات من المعالجات ، فتقطع هذه الرقاقة إلى مئات القطع لتكون كل قطعة معالج قائم بذاته .

ثم تأتي بعد ذلك عملية وضع كل رقاقة من هذه الرقاقات داخل غلاف لها حتى تحميها من العوامل الخارجية وحتى يسهل حملها والتعامل معها ، ولكل معالج طريقته في التغليف ويعتبر التغليف أيضاً عملية معقدة كون عدد الإبر كبير (المئات) .

طبعاً بعض القطع من هذه الرقاقات قد لا تعمل نتيجة كون بعض أجزاء السيليكون معطوب ، أيضاً قد يعمل بعضها أسرع من الأخرى لذا نجد الاختلاف في سرعات الساعة للمعالجات . كما إن نسبة المعالجات المعطوبة من هذه العملية ككل تؤثر في سعر المعالج ، وكلما شرع المهندسون في تصميم معالج جديد كان في البداية غالي الثمن بسبب قلة الخبرة التي تجعل نسبة المعالجات المعطوبة قليلة جداً ، ومع الوقت تقل النسبة وينخفض سعر المعالج .

يحرص مصنعي المعالجات على تصميم معالجات من شرائح سيليكون صغيرة بقدر الإمكان لأن ذلك يعني نسبة أقل من المعالجات المعطوبة وتخفيض التكلفة ، وتخفيض الحرارة الناتجة . و المعالجات تصبح أكثر قوة مع الوقت ، ولكي تكون أكثر قوة لابد أن تحوي عدد أكبر من الترانزستورات في حجم صغير ، فتستعمل معماريات أصغر للمعالج كي تتيح لنا ذلك .

تغليف المعالجات

إن الغرض من التغليف هو أن نجعل شريحة السيليكون سهلة الحمل وآمنة من العوامل الخارجية وأن توصل من الخارج مع اللوحة الأم حتى يتواصل المعالج مع الأجزاء الأخرى للحاسب.

كان أول معالج من نظام IBM يستخدم نظام تغليف يدعى **DIP** ولكن هذا الطريقة لم تعد تنفع في المعالجات الأحدث بسبب العدد الكبير للإبر الذي يستدعي أن يكون

المعالج طويل جداً حتى يكفي كل هذا العدد من الإبر لأن الإبر في هذا النوع من التغليف كانت تخرج من طرفين فقط من أطراف المعالج .

لذا طور النوع الثاني من التغليف يسمى PGA وفيه يوضع المعالج داخل علبة مربعة أو مستطيلة الشكل قليلة الارتفاع وتخرج إبر المعالج من الأسفل وتدخل في مقبس خاص على اللوحة الأم ، ويوفر هذا النوع من التغليف خروج عدد كبير من الإبر من أسفل الرقاقة . وكان التغليف نفسه يصنع أحياناً من البلاستيك لذا يسمى P PGA ، وأحياناً يصنع من السيراميك C PGA (يعتبر البلاستيك أفضل من السيراميك) .

ازدادت الحاجة لعدد أكبر من الإبر مرة ثانية فتم تعديل الـ PGA وسمي SPGA ليتسع لعدد أكبر من الإبر ، ومعالج بنتيوم غلف بهذه الطريقة . أما المعالج بنتيوم برو فقد تم تغليفه بطريقة خاصة باستخدام طريقة اسمها "Dual Pattern PGA " حيث تحوي هذا التغليف ليس فقط المعالج بل أيضاً الذاكرة المخبئية المدمجة به .

كان المعالج بنتيوم برو معالج مكلف كون الذاكرة المخبئية كانت داخل تغليف المعالج فقررت إنتل إزالتها ، ولكن وضع الذاكرة المخبئية على اللوحة الأم - مثل المعالج بنتيوم سيجعل منها ذاكرة بطيئة فما هو الحل ؟

كان الحل هو التغليف الجديد SEC حيث وضع المعالج مع الذاكرة العشوائية على لوحة إلكترونية مطبوعة PCB وتغليفهما داخل كار ترج يتصل مع اللوحة الأم بواسطة مقبس خاص به.



المعالج بنتيوم الثاني : المعالج (في المنتصف) مع الذاكرة المخبئية على لوحة إلكترونية مطبوعة أما الكارترج فهو منزوع لتوضيح الأجزاء الداخلية

أما في المفكرات فالأمر يختلف ، تنتج شركة إنتل حزمة تحوي المعالج والذاكرة المخبئية وطقم الرقاقات في قطعة واحدة لتقليل الوزن والمساحة .

كانت المعالجات المغلفة بطريقة PGA تركب في اللوحة الأم بطريقة خاصة وكان من الصعب على معظم المستخدمين أن يستبدلوا معالجاتهم بأنفسهم إلى أن تم استعمال مقبس يسمح بسهولة إزالة وتركيب المعالج وصار يدعى مقبس ZIF ومعناه "إدخال المعالج بدون قوة " .

تزوير المعالجات

توجد في الأسواق معالجات مزورة ، تقوم عصابات التزوير بتغيير الرقم المحفور بالليزر والذي يدل على تردد المعالج واستبداله بسرعة أعلى للساعة ، فمثلاً قد يجلبون معالج بنتيوم ١٦٦ ويمحون ال١٦٦ ويكتبون بدلاً منها ٢٠٠ ، وخذ يا زيد المعالج المزور بسعر المعالج ٢٠٠ ميجاهيرتز .

انتشرت هذه الطريقة في المعالج بنتيوم بشكل كبير جداً ، وهناك برامج موجودة في السوق لكشف هذا التلاعب كما يمكن جلبها من الإنترنت إيضاً .

أجزاء المعالج الداخلية

البنية التحتية للمعالجات

تتألف المعالجات من عدد كبير جداً من الترانزستورات ، فما هو عمل هذه الترانزستورات ؟ ومما يتكون ؟

إن المعالج يقوم مبدأ عمله على التعامل مع البيانات على شكل بتات وبايتات ، فالمعالج لا يفهم إلا لغة البتات على شكل واحدات وأصفار ، بالنسبة لك فإن البتات قد تعني لك في نهاية المطاف صورة أو رسالة أو ...أو... أما بالنسبة للمعالج فهي واحدات وأصفار .. كل بت يعتبره شحنة ويتعامل معه على أنه شحنة ينقلها ويخزنها هكذا .

وإذا نظرنا نظرة متعمقة في داخل المعالج ونظرنا لما يعمله المعالج نجد أنه إما يقوم بالعمليات الحسابية كالجمع والطرح ..إلخ أو يقوم بالعمليات المنطقية كالمقارنة بين الأعداد ، وفي كل الأحوال على المعالج أن يتخذ ـ بمساعدة التعليمات ـ القرارات الصحيحة ويقود دفة العمل على هذا الأساس ، فكيف يتخذ الحاسب القرارات ؟

إن هذا هو عمل الترانزستورات ، ولا تحسب أن ترانزستور واحد يستطيع أن يقوم باتخاذ القرارت بل إن هذه الترانزستورات موزعة في شكل مجموعات داخل المعالج لتقوم كل مجموعة منها بنوعية معينة من الأعمال ، فمثلاً أحد المجموعات مخصصة للمقارنة بين الأرقام و أخرى لاتخاذ القرارات في حالة معينة وهكذا ، وفي كل مجموعة تختلف عدد وطريقة تجمع الترانزستورات مما يؤثر على وظيفتها ، ويستطيع الحاسب باستخدام هذه المجموعات المختلفة بشكل مدروس ومنظم أن يقوم بكل العمل الذي يطلب منه .

إن كل "مجموعة" من هذه المجموعات تسمى "بوابة منطقية" وتختلف البوابات المنطقية بحسب الوظيفة التي تؤديها وعدد الترانزستورات التي تحتويها.

وتصنيع المعالج ما هو إلا وضع هذه المجموعات وربطها يبعضها بالشكل المطلوب ، إن "المجموعات" إذا تجمع عدد كبير منها لأداء وظيفة معينة تصبح ما نسميه "الـ آي سي " أو IC والمعالج ما هو إلا مجموعة من الـ IC مترابطة مع بعضها البعض بشكل معقد . وبكلمة أخرى فإن :

عدة ترانزستورات = مجموعة وظيفية (بوابة)

عدة مجموعات وظيفية (الآلاف منها)= "آي سي"

عدة "آي سي" = معالج

والترانزستور بحد ذاته هو وحدة صغير جداً تسمح بمرور التيار الكهربائي من خلالها بمقدار يختلف باختلاف التيار الداخل لها أي أنها تسمح بالتحكم بشدة تيار كهربائي حسب شدة تيار كهربائي آخر ، فهي كالمفتاح الكهربائي ، وباستخدام هذه الوحدة الصغيرة (الترانزستور) يمكننا تنظيمها لتكوين وحدات ذات وظيفة معينة تختلف باختلاف ترتيب وتنسيق هذه الترانزستورات داخلها ، وبذلك يمكننا تكوين أنواع لا نهائية من الوحدات (المجموعات أو الـ IC) ، وكلما زاد عدد الترانزستورات التي تتكون منها الـ IC كلما كان بإمكانها تأدية وظائف أكثر تعقيداً .

هناك فرق مهم جداً بين المعالج وبين IC عادي وهو أن المعالج قابل للبرمجة بحيث يمكنه تأدية أية وظيفة تطلب منه بينما الـ IC العادي لا يمكنه ذلك بل هو مخصص لعمل معين في جهاز معين . إن المعالج قادر على فعل ذلك لأنه يقسم أي عمل يقوم به إلى أقسام صغيرة تسمى التعليمات ، ويعتمد المعالج على البرنامج ليقول له متى وكيف ينفذ كل تعليمه حتى ينجز العمل المطلوب بينما الـ IC العادي لا يتطلب برنامج ولكن تركيبته تؤدي العمل المطلوب منها بحكم تركيبها .

معمارية المعالج

يوجد داخل المعالج ملايين الترانزستورات التي تؤدي بمجملها للقيام بعمل المعالج ، ولا يخفى عليك أن هذه الملايين من الترانزستورات موضوعة كلها في مساحة صغيرة جداً أي أنها محشورة وبين الواحدة والأخرى مساحة قليلة (الترانزستورات لا ترى بالعين المجردة) وهذه الوحدات موصلة مع بعضها البعض بأسلاك صغيرة جداً تضمن تدفق البيانات بين الترانزستورات ، ويقاس سماكة هذه الأسلاك بالمايكرون ، وسماكة هذه الأسلاك هو الذي يحدد معمارية المعالج ، وكلما كانت معمارية المعالج أصغر كلما كان استهلاك الطاقة أقل و كانت الحرارة الناتجة من المعالج أقل مما يخفف من مشاكل التبريد وكذلك يمكننا المعمارية الأصغر من استخدام فولتية أقل للتيار المار في هذه الأسلاك .

والمايكرون هو وحدة قياس الطول تساوي واحد من المليون من المتر ، وحتى أعطيك فكرة عن رتب معالجات هذه الأيام أقول إن المعالج بنتيوم من رتبة ٠.٥ مايكرون (أي نصف مايكرون) بينما المعالج MMX بنتيوم معماريته ٠.٣٥ مايكرون (تستطيع أن تتصور كم هو دقيق ومتطور هذا الشيء المسمى معالج) بينما المعالج بنتيوم الثاني يستعمل معمارية ٠.٢٥ مايكرون .

السؤال هو هل يوجد أقل من ذلك ؟ والجواب هو نعم : لقد نجحت شركة IBM بفضل نوع من التقنيات الجديدة بتطوير طريقة لصنع معالجات بمعمارية ٠.١٣

مايكرون وهذا قد يفتح الباب لمعماريات أصغر ، فكلما صغرت المعمارية كلما تمكنا من وضع عدد أكبر من الترانزستورات في مساحة أقل مما يمكننا من تصنيع معالجات أقوى بتكلفة منخفضة .

المكونات الرئيسية للمعالج

يتكون المعالج من الأجزاء الرئيسية التالية:

١. وحدة الإدخال والإخراج
٢. وحدة التحكم .
٣. وحدة الحساب والمنطق : وتتقسم لـ ١- وحدة الفاصلة العائمة و ٢- وحدة الأعداد الصحيحة ٣- المسجلات
٤. الذاكرة المخبئية .

١- وحدة الإدخال والإخراج :

تتحكم وحدة الإدخال والإخراج بتسيير المعلومات إلى ومن المعالج ، وهي الجزء الذي يقوم بطلب البيانات والتنسيق مع الذاكرة العشوائية في تسيير البيانات ، لا يوجد أي شئ خاص في هذه الوحدة وليس لها تأثير في أداء المعالج لأن كل معالج مزود بوحدة الإدخال والإخراج التي تناسبه وليس بإمكانك ترقية أو تعديل هذه الوحدة بل هي جزء لا يتجزأ من وحدة المعالجة المركزية نفسها .

إن أحد الأسباب التي تجعل وحد الإدخال والإخراج مهمة هي احتوائها على الذاكرة المخبئية من المستوى الأول (L1) .

٢- وحدة التحكم :

وحدة التحكم هي الوحدة التي تتحكم بمسيرة البيانات داخل المعالج وتنسق بين مختلف أجزاء المعالج للقيام بالعمل المطلوب وتتولى مسؤولية التأكد من عدم وجود أخطاء في التنسيق ، لذا في العقل المدبر للمعالج . وأيضاً ليس بإمكانك ترقية أو تعديل هذه الوحدة بل هي جزء لا يتجزأ من وحدة المعالجة المركزية . وتقوم هذه الوحدة أيضاً بتنفيذ الوسائل المتطورة لتسريع تنفيذ البرامج مثل توقع التفرع وغيرها.

تتحكم هذه الوحدة بتردد المعالج ، فإذا كان لديك معالج تردده ٧٠٠ ميجاهيرتز مثلاً فإن هذا معناه أن وحدة التحكم فيه تعمل على تردد ٧٠٠ ميجاهيرتز .

٣-١- وحدة الفاصلة العائمة

إنه من الصعوبة بمكان على المعالج أن يقوم بحساب أعداد الفاصلة العائمة (وهي الأعداد التي بها فاصلة عشرية ومن أمثلتها ٢.٣٣٦ و ٢.٥٥٦٥ و ٨٨٥٦.٣٦٥٣٢ و ٠.٢٢٠٠٠٣) لأنه في هذه الحالة سوف يستهلك الكثير من قوة المعالجة في حساب عملية واحدة .

ووحدة الفاصلة العائمة هي وحدة موجودة داخل المعالج ومتخصصة في العمليات الحسابية الخاصة بالفاصلة العائمة .وتلعب هذه الوحدة دوراً رئيسياً في سرعة تشغيل البرامج التي تعتمد بشكل كبير على الأعداد العشرية وهي في الغالب الألعاب الثلاثية الأبعاد وبرامج الرسم الهندسي.

يساعد قوة وحدة الفاصلة العائمة الكبيرة في تسريع الألعاب الثلاثية الأبعاد ، مع أن دور المعالج قد قل خلال السنوات السابقة بفضل دخول البطاقات الرسومية المسرعة بقوتها الكبيرة مما قلل من الاعتماد على المعالج المركزي في هذا المجال .

توجد وحدة الفاصلة العائمة في المعالجات ٤٨٦ فما أحدث (ما عدا المعالج SX٤٨٦) داخل المعالج ، وقد كانت توضع في المعالجات ٣٨٦ وما قبله خارج المعالج وتسمى math co-processor أي " معالج مساعد " ، إن وضع وحدة الفاصلة العائمة خارج المعالج (على اللوحة الأم) يجعلها أبطأ ، جميع المعالجات اليوم يوجد فيها وحدة فاصلة عائمة ليس هذا فقط بل وحدة فاصلة عائمة متطورة .

٣-٢- وحدة الأعداد الصحيحة

و تختص هذه الوحدة بالقيام بحسابات الأعداد الصحيحة ، وتستعمل الأرقام الصحيحة في التطبيقات الثنائية الأبعاد كوورد وإكسل وبرامج الرسم الثنائية الأبعاد كما تستعمل في معالجة النصوص . يعتبر قوة وحدة الأعداد الصحيحة مهمة جداً لأن أغلب المستخدمين يستعملون التطبيقات التقليدية أغلب الوقت .

٣- ٣- المسجلات

المسجلات هي عبارة عن نوع من الذاكرة السريعة جداً جداً (بالمناسبة هي أسرع أنواع الذاكرات في الحاسب الشخصي) تستعمل لكي يخزن فيها المعالج الأرقام التي يريد أن يجري عليها حساباته ، فالمعالج لا يمكنه عمل أي عملية حسابية إلا بعد أن يجلب الأرقام المراد إجراء العمليات عليها إلى المسجلات . توجد المسجلات فيزيائياً داخل وحدة الحساب والمنطق المذكورة سابقاً .

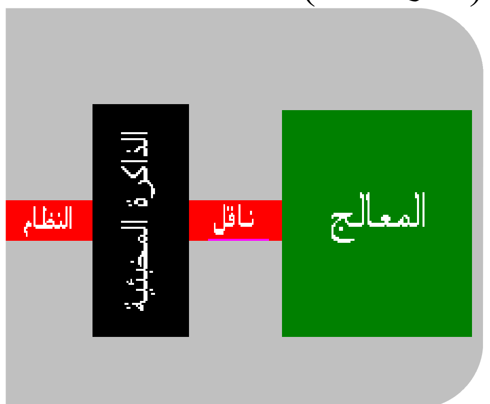
إن حجم المسجلات مهم حيث أنه يحدد حجم البيانات التي يستطيع الحاسب إجراء الحسابات عليها ، ويقاس حجم المسجلات بالبت بدلاً من البايت بسبب صغر حجمها ، خطأ شائع بين الناس أن يقيسوا قدرة المعالج بأنه ٣٢ بت استنادا إلى عرض ناقل النظام بل الصحيح أن يقيسوا المعالج بحجم مسجلاته ، وعلى ذلك فإن جميع

معالجات ٤٨٦ وما بعدها هي من معالجات ال ٣٢ بت وليس ٦٤ بت ، وبالمناسبة فإن معالجات ٦٤ ستظهر خلال سنوات ولكنها لم تكن أبداً متوفرة سابقاً فلا تأخذ بمن يقول لك إن معالج بنتيوم الثاني هو معالج ٦٤ بت بل إنه معالج ٣٢ بت مثله مثل بنتيوم و ٤٨٦ .

٤-الذاكرة المخبئية

ماهي الذاكرة المخبئية

الذاكرة المخبئية هي ذاكرة صغيرة تشبه الذاكرة العشوائية إلا أنها أسرع منها وأصغر وتوضع على ناقل النظام
بين المعالج والذاكرة العشوائية
(أنظر الشكل).



في أثناء عمل المعالج يقوم هذا الأخير بقراءة وكتابة البيانات والتعليمات من وإلى الذاكرة العشوائية بصفة متكرره ، المشكلة أن الذاكرة العشوائية تعتبر بطيئة بالنسبة للمعالج و التعامل معها مباشرة يبطئ الأداء .فلتحسين الأداء لجأ مصممو الحاسب إلى وضع هذه الذاكرة الصغيرة ولكن السريعة بين المعالج والذاكرة العشوائية مستغلين أن المعالج يطلب نفس المعلومات أكثر من مرة في أوقات متقاربة فتقوم الذاكرة المخبئية بتخزين المعلومات الأكثر طلباً من المعالج مما يجعلها في متناول المعالج بسرعة حين طلبها.عندما يريد المعالج جلب بيانات أو تعليمات فإنه يبحث عنها أولاً في ذاكرة L1 فإن لم يجدها (فشل المعالج في إيجاد المعلومات التي يريدها من الذاكرة العشوائية يسمى "cache miss" ، أما نجاحه في الحصول عليها من الذاكرة المخبئية يسمى "cache hit") بحث عنها في L2 فإن لم يجدها جلبها من الذاكرة العشوائية. إن حجم هذه الذاكرة وسرعتها شئ مهم جداً ولها تأثير كبير على أداء المعالج ونستعرض هنا كلا العاملين .

حجم الذاكرة المخبئية

كانت معالجات ٣٨٦ بدون ذاكرة مخبئية على الإطلاق أما في المعالجات الأحدث فهناك أكثر من ذاكرة مخبئية واحدة و يسمى كل منهما مستوى من الذاكرة :

- ذاكرة المستوى الأول .
- ذاكرة المستوى الثاني .
- يوجد في بعض معالجات شركة AMD ذاكرة من المستوى الثالث أيضاً ، وتوجد على اللوحة الأم .



المعالج بنتيوم الثالث وفيه الذاكرة المخبئية

	ذاكرة المستوى الأول	ذاكرة المستوى الثاني	ذاكرة المستوى الثالث
رمزها	L1	L2	L3
موقعها	داخل المعالج	داخل المعالج أو على اللوحة الأم	على اللوحة الأم
سرعتها	أسرع الجميع	وسط	الأبطأ
حجمها	صغيرة	وسط	كبيرة
المعالجات التي تحتوي هذه الذاكرة	جميع معالجات الجيل الرابع وما بعده	معالجات الجيل الخامس وما بعده ماعدا معالجات سيليرون الأصلية	معالجات AMDالحديثة فقط

وتلاحظ أن ذاكرة المستوى الأول كميتها أقل من ذاكرة المستوى الثاني وهذا راجع لأن ذاكرة المستوى الأول غالية الثمن جداً لأنها سريعة جداً حيث أنها تعطي المعالج البيانات التي يطلبها تقريباً بدون تأخير.

ويوجد في كل نوع من المعالجات كمية تختلف من كل مستوى ، وكلما كانت الذاكرة المخبئية أكبر كلما كان ذلك أفضل لأنها تتمكن بذلك من جعل المعالج لا يدخل في حالة الانتظار وتسهل له الحصول على البيانات الذي يريدها بأسرع وقت ممكن.

كما تعرف أن المعالج يستقبل بيانات وتعليمات ، في بعض المعالجات تنقسم الذاكرة المخبئية لقسمين واحدة تتخصص للبيانات وتتخصص الأخرى للتعليمات أما في بعض المعالجات الأخرى فلا يوجد هذا التقسيم بل تستخدم الذاكرة المخبئية لكليهما في نفس الوقت ، لا يوجد فرق حقيقي بين هاتين الطريقتين بالنسبة للأداء .

سرعة الذاكرة المخبئية

والذاكرة المخبئية كأي ذاكرة أخرى لها تردد تعمل عليه وكلما كانت تعمل على تردد أسرع كلما كان أفضل ، وترددها يعتمد على موقعها :

- عندما تكون الذاكرة المخبئية على ناقل النظام يكون ترددها هو نفس سرعة الناقل (غالباً ٦٦ أو ١٠٠ ميجاهيرتز)
- الذاكرة المخبئية الموضوعة داخل المعالج (معالجات الجيل السادس) تعمل عادة بنصف سرعة المعالج (المعالجات بتردد ٣٣٣ ميجاهيرتز أو أقل) أو بنفس سرعة المعالج (معالجات سيليرون و زيون وبنتيوم برو)
- معالجات الجيل الخامس جميعها لها ذاكرة مخبئية من المستوى الثاني على اللوحة الأم وترددها لا يزيد عن ٦٦ ميجاهيرتز عموماً

وبتطبيق ما سبق نستطيع أن نعرف سرعة الذاكرة المخبئية لكل معالج وهذه أمثلة :

- **معالج بنتيوم بسرعة ٢٠٠ ميجاهيرتز : سرعة ناقل النظام هي ٦٦ ميجاهيرتز فتكون سرعة الذاكرة المخبئية الموجودة على اللوحة الأم هي ٦٦ ميجاهيرتز.**
- **معالج بنتيوم الثاني ٣٣٣ ميجاهيرتز سرعة ناقل النظام فيه ٦٦ ميجاهيرتز إلا أن الذاكرة المخبئية فيه موجودة داخل المعالج فتكون سرعة الذاكرة المخبئية تساوي ٣٣٣ تقسيم ٢ = ١٦٦.٥ ميجاهيرتز .**
- **معالج بنتيوم الثالث زيون ٥٠٠ ميجاهيرتز له ذاكرة مخبئية بسرعة ٥٠٠ ميجاهيرتز .**

إن وضع الذاكرة المخبئية داخل المعالج له فائدتين : الأولى هي السرعة أما الثانية فتبرز في حالة تركيب أكثر من معالج واحد على اللوحة الأم لأن كل معالج له الذاكرة العشوائية الخاصة به ولا تتزاحم المعالجات على الذاكرة المخبئية .

تم اقتباس النص من واحة الحاسب

ماجد ضاهر